Die Planung des Bauabschlusses von Staudämmen

unter Berücksichtigung der zu erwartenden Hochwässer (angewandt auf den Staudamm Ottmachau)

Von der
Technischen Hochschule zu Breslau
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte

Dissertation

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Paul Kluckhohn
Regierungsbaumeister a. D.
aus Hannover

Referent:
Professor Dr.-Ing. K. Beger

Korreferent:
Privatdozent
Regierungs- und Baurat Wechmann

Tag der mündlichen Prüfung: 20. Juni 1932

Universitätsverlag von Robert Noske in Borna-Leipzig
1933

Die Planung des Bauabschlusses von Staudämmen

unter Berücksichtigung der zu erwartenden Hochwässer (angewandt auf den Staudamm Ottmachau)

Von der
Technischen Hochschule zu Breslau
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte

Dissertation

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Paul Kluckhohn
Regierungsbaumeister a. D.
aus Hannover

Referent:
Professor Dr.-Ing. K. Beger

Korreferent:
Privatdozent
Regierungs- und Baurat Wechmann

Tag der mündlichen Prüfung: 20. Juni 1932

Universitätsverlag von Robert Noske in Borna-Leipzig
1933

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhalt.

Seite

A. Umgrenzung der Aufgabe 1
B. Die Planung des Bauabschlusses von Staudämmen unter Berücksichtigung der zu erwartenden Hochwässer 2
I. Theoretische Grundlagen 2
II. Praktische Anwendung auf die Planung des Bauabschlusses des Staudammes Ottmachau 6
a) Beschreibung der Staubeckenanlage 6
b) Bauvorgang der Gesamtanlage 7
c) Baugeräte und Bodengewinnung 7
d) Lage und Größe der Dammlücke 7
e) Schließung der Dammlücke 11
1. Zweckmäßige Bauzeit 11
2. Arbeitsplan 11
3. Sicherung gegen plötzlich auftretendes Hochwasser 15
4. Besondere Maßnahmen 16
C. Zusammenfassung 16

Als Anhang eine Tafel: Abflußleistungslinien.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546301_0180

Literatur.

Akten des Staubeckenbauamts Ottmachau.

Horst, Über wirtschaftliche Ausbaugröße von Talsperrenkraftwerken und Wasserwirtschaftspläne. Dissertation Hannover 1927.

Leiner, Verfahren zur Untersuchung von Wasserspeichern. Seerückhalt. Der Bauingenieur 1925 Heft 5.

A. Umgrenzung der Aufgabe.

Eine schwierige Aufgabe beim Bau von Stauwerken besteht für den Ingenieur in der Vorsorge für einen ungestörten Abfluß des aufzustauenden Gewässers während der Bauzeit. Die zu treffenden Maßnahmen sind eine Frage der Sicherheit für das Bauwerk im Bauzustande und eine Frage der Wirtschaftlichkeit.

Die Forderung einer großen Sicherheit wird aus wirtschaftlichen Gründen nicht immer vertretbar sein. Andererseits kann eine Vernachlässigung der Sicherheit durch zu große Sparmaßnahmen durch eintretende Hochwasserschäden noch unwirtschaftlicher sein. Es liegt also in der Hand des Ingenieurs, durch kluges Abwägen einen Mittelweg zu finden.

Die bauliche Anordnung der Abflußeinrichtungen ist abhängig von der Art des Stauwerkes und der Beschaffenheit des Baustoffes. Letztere setzt Grenzen durch die Widerstandsfähigkeit gegen den Angriff der lebendigen Kraft des Wasses.

Bei massiven Mauern hat man bisher als Abflußeinrichtungen Grundablässe, Hangleitungen und Holzfluter vorgesehen. Neuerdings pflegt man auch eine Lücke in der Mauer zu lassen und diese in hochwassergünstiger Zeit zu schließen. Während Hangstollen und Hangleitungen meist kostspielig und u. U. durch die Sprengarbeiten für den Untergrund, auf dem die Sperre errichtet werden soll, schädlich sind, lassen sich die anderen erwähnten Anlagen sicher und ohne nennenswerte Kosten ausführen. In der Bemessung braucht man allzugroße Vorsicht nicht walten zu lassen, da man sehr große Geschwindigkeiten vorübergehend zulassen kann.

Anders wird es bei reinen Erddämmen. Erddämme mit starrem Kern sollen aus der Erörterung ausscheiden. Über die Staubecken mit Sperren aus reinen Erddämmen, für die nachstehende Untersuchungen in Frage kommen, kann man als Merkmal folgendes aussagen: Große flache Becken, die im Mittellauf eines Flusses durch einen langen Damm geschaffen werden und bei denen es sich um einen Gebirgsfluß, dessen Wasserführung in weiten Grenzen schwankt und erhebliche Ausmaße annehmen kann, handelt.

Derartige Staubecken sind bis auf das im Bau begriffene Staubecken bei Ottmachau OS. in Deutschland noch nicht gebaut. Erfahrungen liegen daher auf diesem Gebiete noch wenig vor. Die bisher gebauten — Verfasser denkt besonders an die Staubecken in Pommern und in der Grenzmark — sind kleinen Umfangs. Vor allen Dingen sind die gestauten Flüsse ungefährlich. Besondere Überlegungen für die Abführung des Wassers waren daher nicht erforderlich. Erst in Ottmachau wurde man gezwungen, sich eingehender mit dieser Frage zu befassen.

Die Möglichkeiten der Wasserabführung während der Bauzeit sind beschränkt. Ein Stau im Becken muß vermieden werden. Grundablässe allein sind bei den Wassermengen, um die es sich, wie nochmals betont sei, hier handelt, nicht in der Lage, diese ohne Stau im Becken abzuführen.

Es muß daher noch eine weitere Abflußeinrichtung geschaffen werden. In Frage kommt nur eine Lücke, die im Damm bis zum Bauabschluß offengelassen wird. Unter dem Bauabschluß von Staudämmen ist also für derartige Staubecken, wie sie zuvor erläutert sind, immer der Schluß einer Dammlücke zu verstehen.

Die Planung der Lückenanordnung und des Lückenschlusses ist Aufgabe der vorliegenden Untersuchung.

Verfasser, der an der Bauleitung für die Herstellung des Staubeckens bei Ottmachau mitwirkte, bearbeitete dort diese Planung. Der von ihm gefundene Rechnungsgang ist von allgemeiner Bedeutung. Ber Bau von Staubecken nach Art und Größe von Ottmachau ist noch im Anfangsstadium. Besonders in Schlesien werden dem Bau von Ottmachau noch weitere folgen. Die vorliegende Untersuchung gibt einen Anhalt für ähnliche Fälle. Die theoretischen Grundlagen sind unmittelbar anzuwenden. Der Beweis der Anwendungsmöglichkeit wird durch Ottmachau erbracht.

B. Die Planung des Bauabschlusses von Staudämmen unter Berücksichtigung der zu erwartenden Hochwässer.

I. Theoretische Grundlagen.

Bei der Abführung des Wassers während der Bauzeit ist das Augenmerk auf die gefahrbringenden Hochwässer zu richten. Das gewöhnliche Wasser wird ohne Schwierigkeiten abzuführen sein.

Genaue Kenntnis der Hochwässer in Größe und Form der Welle ist erstes und wichtigstes Erfordernis. Wenn über die höchsten Hochwässer keine genauen und ausreichenden Aufzeichnungen vorliegen, muß die Er-

mittelung einer wahrscheinlichen Hochwasserwelle aus bekannten niedrigeren zu Hilfe kommen.

Die Lage der Dammlücke ergibt sich aus der Örtlichkeit. Unmittelbare Nähe von Talsohle ist anzustreben.

Für die Größe der Lücke ist die Wassergeschwindigkeit, die man bei Abführung des höchsten Hochwassers zulassen will, entscheidend. Sie wird sich zwischen 2,00 und 3,00 m/sec bewegen können, wenn man die Staudammlückenflügel befestigt. Der Rechnungsgang für die Ermittlung der Lückengröße ist folgender:

Man nimmt eine Lückengröße an und berechnet die Geschwindigkeit, die bei Abführung des höchsten Hochwassers auftritt.

Hierzu braucht man die Hochwasserzuflußmengenlinie, die Hochwasserabflußmengenlinie, die Leistungslinie für die Abflußeinrichtungen und die Beckeninhaltslinie.

Mit Hochwasserzuflußmengenlinie wird die Schaulinie der in das Becken eintretenden und mit Hochwasserabflußmengenlinie die durch den Seerückhalt beeinflußte Schaulinie der aus dem Becken austretenden Wassermengen bezeichnet.

Die Hochwasserzuflußmengenlinie ist bekannt oder muß ermittelt werden.

Abflußleistungslinie und Beckeninhaltslinie werden errechnet.

Die Hochwasserabflußmengenlinie ermittelt man aus den drei vorstehenden Linien am besten zeichnerisch. Ein neues, für zweckmäßig gehaltenes Verfahren ist vom Verfasser gefunden.

Zur Untersuchung des Seerückhalts gibt es bereits eine große Zahl von zeichnerischen Verfahren. Zu erwähnen sind die von Dr.-Ing. Leiner[1]) und Dr.-Ing. Horst[2]).

Die Verfahren von Horst dienen vorwiegend der Aufstellung von Wasserwirtschaftsplänen, lassen sich aber auch ohne weiteres zur Ermittelung des Seerückhalts anwenden. Das vom Verfasser gefundene Verfahren hat dem von Leiner gegenüber den Vorzug der Einfachheit und dem von Horst gegenüber den der Einfachheit und Anschaulichkeit.

Als Grundlagen dienen die jedem Verfahren zugrunde liegenden drei Schaulinien: Hochwasserzuflußmengenlinie, Abflußleistungslinie und Beckeninhaltslinie. Bis auf eine kleine Umwandlung der Beckeninhaltslinie bleiben die Schaulinien unverändert. Die Lösung der Aufgabe liegt darin, daß alle Linien in den Ordinaten auf gleiche Maßeinheiten gebracht werden und in einem den geometrischen Beziehungen entsprechenden

[1]) Leiner, Verfahren zur Untersuchung von Wasserspeichern. Seerückhalt. — Der Bauingenieur 1925 Heft 5.

[2]) Horst, Über wirtschaftliche Ausbaugröße von Talsperrenkraftwerken und Wasserwirtschaftspläne, Diss. Hannover 1927.

Verhältnis zueinander aufgetragen werden (s. Abb. 1). Die Schaulinien stehen in folgender Abhängigkeit:

1. Hochwasserzuflußmengenlinie: $Q_Z[m^3/sec]$, abhängig von der Zeit t[std].
2. Hochwasserabflußmengenlinie: $Q_V[m^3/sec]$, abhängig von der Zeit t[std].
3. Abflußleistungslinie: $Q_V[m^3/sec]$, abhängig von der Stauhöhe h[m].
4. Beckeninhaltslinie: J $[m^3]$, abhängig von der Stauhöhe h[m].

Dem Verfahren liegt die mathematische Beziehung zugrunde:

$$\int_0^{\Delta t} Q_Z \cdot dt = \int_0^{\Delta t} Q_V \cdot dt + V \qquad V = \text{Speicherung}$$

$$V = \int_0^{\Delta t} Q_Z \cdot dt - \int_0^{\Delta t} Q_V \cdot dt$$

Hilfsverfahren: Verwandlung der Beckeninhaltslinie J$[m^3]$ in eine $J'\left[\frac{m^3 \cdot 2}{\Delta t}\right]$-Linie.

Hauptverfahren:

1. Bestimmung der Abflußmenge oder des Verbrauches Q_{V_1} nach der 1. Zeitspanne Δt.

Die Horizontale durch Q_{Z_1} bildet mit der Abflußleistungslinie den Winkel α_1.

Die Abszissenachse bildet mit der J'-Linie den Winkel α_1'.

Man sucht innerhalb beider Winkel die gleichen senkrecht übereinanderliegenden Abschnitte x_1. Q_{V_1} ist somit gefunden.

Beweis:
$$F_1 = \frac{x_1 \cdot \Delta t}{2} = V_1$$

$$x_1 = \frac{2 \cdot V_1}{\Delta t} = V_1'$$

$$Q_{V_1} = Q_{Z_1} - x_1$$

2. Bestimmung des Abflusses oder Verbrauches Q_{V_2} nach der 2. Zeitspanne Δt.

Die Horizontale durch Q_{Z_2} bildet mit der Abflußleistungslinie den Winkel α_2. Die Parallele zu der Horizontalen durch den Punkt 1 der J'-Linie im Abstand x_1 bildet mit der J'-Linie den Winkel α_2'. Man sucht innerhalb der Winkel α_2 und α_2' x_2 wie vor. Q_{V_2} ist somit gefunden.

Beweis:

$$F_2 = \frac{x_1 + x_2}{2} \cdot \Delta t = V_2$$

$$x_2 = \frac{2 \cdot V_2}{\Delta t} - x_1 = V_2' - x_1$$

$$Q_{V_2} = Q_{Z_2} - x_2$$

Die übrigen Punkte $\sum_{3}^{n} Q_V$ werden in gleicher Weise wie Q_{V_2} gefunden.

Die Aufgabe, bei zwei übereinanderliegenden Winkeln die gleichen senkrecht übereinanderliegenden Abschnitte zu suchen, löst man am schnellsten durch Probieren mit dem Zirkel. Man kann sie aber auch konstruktiv lösen (s. Abb. 1 a).

Hierbei gilt jedoch zu beachten, daß dies nur insofern zutrifft, als man die Linien durch Teilgeraden ersetzen kann. Dies ist bei der Wahl eines entsprechenden Maßstabes und kleiner Zeitabstände fast immer möglich.

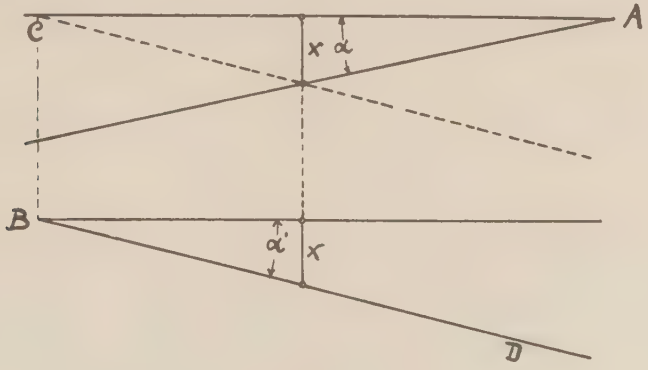

Abb. 1 a.

Die Senkrechte durch den Scheitel des Winkels α' B ergibt auf dem wagerechten Schenkel des Winkels α den Punkt C. Die Parallele durch C zu BD schneidet den freien Schenkel des Winkels α in dem Punkte, durch den eine Senkrechte die beiden Winkeln gemeinsame Strecke x erzeugt.

Das Verfahren ist bei den hydraulischen Untersuchungen des Staubecken-Bauamts Ottmachau praktisch ausprobiert und führt nach einer gewissen Übung zu einer großen Schnelligkeit und Genauigkeit.

Die Geschwindigkeit in der Lücke ergibt sich dann aus der Wassermenge, die bei Abführung der Scheitelabflußmenge der Hochwasserabflußmengenlinie auf die Dammlücke entfällt, und dem Dammlückenquerschnitt. Ist die Geschwindigkeit gegen 2—3 m zu groß oder zu klein, so muß man den angenommenen Querschnitt vergrößern oder verkleinern.

Hohe Hochwässer treten meist nur zu bestimmten Jahreszeiten auf. Man wird also die Lücke in einer Jahreszeit schließen, in der nur kleine oder mittlere Hochwässer auftreten.

Bei der Schließung geht man folgendermaßen vor:

Zunächst schränkt man die Lücke bis zu der Breite ein, die genügt, um ein kleines oder mittleres Hochwasser abzuführen, ohne daß in der Lücke die zulässige Geschwindigkeit überschritten wird. Die Berechnung ist gleichartig der für die Gesamtlücke. Von den Grundlagen ändern sich die Hochwasserzuflußmengenlinie und die Abflußleistungslinie. Die verbleibende Lücke wird dann durch einen Zwischendamm schnellstens geschlossen, der in seiner Höhe und Breite ausreicht, den Stau eines kleineren oder mittleren Hochwassers im Becken zu halten. Der Stau wird auch durch das zeichnerische Verfahren bestimmt.

Unter dem Schutze dieses Dammes schließt man dann die Lücke vollends.

II. Praktische Anwendung auf die Planung des Bauabschlusses des Staudammes Ottmachau.

a) Beschreibung der Staubeckenanlage.

Das Staubecken erstreckt sich dicht westlich von Ottmachau beiderseits der Neiße in west-östlicher Richtung (s. Abb. 2). Auf der östlichen Hälfte wird es von einem Erddamm begrenzt, der seine größte Höhe in der Nähe der Kreuzung der Neiße erreicht. Südlich dieser Kreuzung werden Grundablaß und Kraftwerk des Staubeckens, in einem Bauwerk vereint, in den Staudamm eingebaut. Der Grundablaß dient der Abführung kleiner Hochwässer, der teilweisen Abführung der großen Hochwässer und der völligen Entleerung des Beckens. Um das gewöhnliche Wasser ganz und das Hochwasser zum Teil durch die Grundablässe abführen zu können, wird die Neiße in der dem Bauwerk benachbarten Strecke nach diesem hin verlegt.

Neben Staudamm, Grundablaß und Kraftwerk ist als drittes Hauptbauwerk die Umflutmulde vorgesehen, die zur Abführung der Hochwässer nach Inbetriebnahme des Staubeckens dienen soll. Die Abführung geschieht über einen Hochwasserüberfall, der an das Südende des Stau-

dammes anschließt und aus einem festen Wehrrücken sowie zwei seitlich angeordneten beweglichen Wehren besteht.

Der Staudamm (s. Abb. 3) besteht aus dem Stützkörper, der Tondichtung und der Deckschicht.

Die 1,50 m starke Tondichtung ist mittels einer dreieckigen Baugrube, der sogenannten Schlitzbaugrube, bis auf etwa 8,00 m unter Gelände geführt und findet dort Anschluß an natürlichen tertiären Ton.

Wasserseitig ist der Damm mit einer 0.60—1,00 m starken Steinpackung, luftseitig mit einer 0,50—1,00 m starken Mutterbodenschicht bedeckt. Am luftseitigen Böschungsfuß ist ein Steinfuß mit Längs- und Querdränung vorgesehen.

Für die Schließung der Lücke kommt nur der Dammteil über Gelände in Frage, die Grundtondichtung wird schon vorher fertiggestellt.

b) Bauvorgang der Gesamtanlage.

Der Staudamm wird von Süden her zunächst bis zum Grundablaß hergestellt. Dann wird die nördliche Hälfte des Staudammes bis auf eine gewisse Entfernung an die Neiße herangeführt. Nach Fertigstellung des Grundablasses und Kraftwerks und des Anschlusses der Tondichtung an das Bauwerk wird die Neiße in den Grundablaß umgeleitet.

Dann wird das Grundablaßbauwerk und das alte Neißebett überschüttet und damit bis auf die Hochwasserlücke der Damm fertiggestellt (s. Abb. 2).

c) Baugeräte und Bodengewinnung.

Es ist einiges über die zur Verfügung stehenden Baugeräte und die Bodengewinnung zu sagen.

Für die Bodengewinnung stehen Eimerkettenbagger mit einer Leistung von rd. 1000 m^3 und Löffelbagger von rd. 500 m^3/8 Stunden zur Verfügung. Für den Bodeneinbau sind zwei Kruppsche Absetzer bekannter Konstruktion mit einer Leistung von rd. 5000 m^3/8 Stunden tätig. Zu diesen Geräten kommt ein reichhaltiger Maschinen- und Wagenpark. Die Schließung der Dammlücke soll vorwiegend mit den Absetzern vorgenommen werden.

Der Dammboden wird aus der Umflutmulde, der Ton aus einem Berge westlich Ottmachau gewonnen.

d) Lage und Größe der Dammlücke.

Die Überschüttung des Grundablasses erfolgt von Süden nach Norden.

Bauliche Erfordernisse rein örtlicher Bedeutung ergeben die in Abb. 2 angegebene Lage der Dammlücke.

Als größte Geschwindigkeit kann man in der Lücke 2,50 m/sec zulassen, wenn man die Staudammflügel befestigt. Bei dieser Geschwindigkeit liegt keine Gefahr vor, daß Teile von den Staudammflügeln weggerissen werden.

Das größte bekannte Hochwasser ist das Hochwasser vom 11. Juni 1829 mit einer Scheitelabflußmenge von $Q = 1800\ m^3/sec$.

Beobachtungen des zeitlichen Verlaufs der Hochwasserwellen am Pegel Ottmachau liegen jedoch nur für die kleinen und mittleren Hochwässer bis zu einer Scheitelabflußmenge von $Q = 770\ m^3/sec$ vor. Von den hohen und höchsten Hochwässern sind nur die Scheitelabflußmengen bekannt.

Im übrigen ist man auf die Konstruktion angewiesen.

Im folgenden soll versucht werden, gesetzmäßige Zusammenhänge im Verlauf der Hochwässer nachzuweisen.

Die Wassermengenzeitlinien der bekannten Hochwässer werden auf eine gemeinsame Scheitelachse übereinander aufgetragen (s. Abb. 4). Bei dieser Auftragung läßt sich eine unverkennbare Ähnlichkeit von einigen Hochwässern in der Form der Linienzüge feststellen.

Es sind dies die Hochwässer[1])

vom	7. September	1910	mit Q_{max}	$= 770\ m^3/sec$
„	15. Juli	1907	„ „	$= 590$ „
„	17. April	1917	„ „	$= 468$ „
„	13. Januar	1920	„ „	$= 414$ „

Man erkennt deutlich, daß die ansteigenden Äste mit wachsender Scheitelabflußmenge steiler, die abfallenden Äste flacher werden.

Die ansteigenden wie die abfallenden Äste kann man in ihrem mittleren Bereich, der hier mit I bezeichnet werden soll, mit genügender Genauigkeit durch Gerade ersetzen.

Errechnet man sich die Steigungsmasse [$m = \operatorname{tg} \alpha$] dieser Geraden und trägt sie als Funktion der Scheitelabflußmengen auf, so findet man eine lineare Funktion (s. Abb. 5 und Tabelle zu Abb. 5).

Eine Konstruktionsgerade für die Äste II findet man, indem man die Punkte, bis zu denen die Geraden I Gültigkeit besitzen, mit den Scheitelpunkten verbindet. Die Steigungsmasse dieser Geraden sind ebenfalls lineare Funktionen der Scheitelabflußmengen.

Die Linien sind mit diesen beiden Beziehungen noch nicht eindeutig festgelegt. Das fehlende Bestimmungsstück findet sich in dem Maß vom Schnittpunkt der Geraden I mit der Scheitelachse bis zum Scheitelpunkt,

[1]) Entnommen aus den Akten des Staubeckenbauamts Ottmachau.

dem Stichmaß, wie es genannt werden soll. Die Stichmaße sind ebenfalls linear von den Scheitelabflußmengen abhängig.

Tabelle zu Abbildung 5.

Scheitelabflußmenge m^3/sec	Steigungsmaß ansteigender Ast I	Steigungsmaß ansteigender Ast II	Steigungsmaß abfallender Ast I	Steigungsmaß abfallender Ast II	Stichmaß ansteigender Ast	Stichmaß abfallender Ast
414	1,46	*	0,93	*	0,35	−0,10
468	1,56	0,36	0,92	*	0,95	+0,10
590	1,66	0,50	0,89	0,49	2,30	0,50
770	1,88	0,67	0,84	0,47	4,00	1,10

* nicht meßbar.

Nunmehr kann jede Hochwasserwelle aus je zwei Geraden für den Anstieg und für den Abfall und den Stichmaßen konstruiert werden.

Die Geraden für die Äste I ersetzen unmittelbar die Hochwasserlinien, während die Geraden für die Äste II nur eine Sehne der Linien darstellen, um die aber die Linien leicht gezeichnet werden können. Die Geraden für die Äste I haben nur für einen bestimmten Bereich der Linien Gültigkeit. Sie gelten aber für den Bereich, der für die Untersuchungen maßgebend ist und der über der Wassermenge von rund 450 m^3/sec liegt; bei dieser Wassermenge beginnt die Ausuferung der Neiße oberhalb des Dammes.

Es muß betont werden, daß Voraussetzung für die Ermittelung eines wahrscheinlichen Hochwassers die Annahme gesetzmäßigen Aufbaues der Hochwässer ist. Wenn sich die Hochwassererscheinungen auch nicht in mathematische Formeln kleiden lassen, so kann man bei Hochwässern von verschiedener Größe doch wenigstens Ähnlichkeitsgesetze bejahen. Im vorliegenden Falle ist das wahrscheinliche Hochwasser von 1800 m^3/sec Scheitelabflußmenge als zu groß anzusehen, da sein Schwellinhalt rd. 96 % der mittleren Jahresabflußmenge beträgt. Nach einem Gutachten der Landesanstalt für Gewässerkunde kann man jedoch nach den Erfahrungen bei anderen der Neiße ähnlichen Flüssen als Schwellinhalt der höchsten Hochwässer nur 40 % annehmen. Daß der Schwellinhalt zu groß ist, liegt nach Ermessen des Verfassers jedoch weniger an der Ermittelung der Wassermengenzeitlinie als an der ebenfalls theoretisch ermittelten Höchstabflußmenge. Dieser liegt das Hochwasser vom 11. Juni 1829 zugrunde. Unterlagen für den Verlauf des Hochwassers fehlen gänzlich. Bekannt ist nur aus alten Staumarken der Höchststau. Aus diesem hat man dann, indem man Geschwindigkeits-

verhältnisse, wie sie heute im Flußbett bestehen, zugrunde legte, die Wassermenge von 1800 m³/sec ermittelt. In Wirklichkeit können jedoch die Abflußverhältnisse durch andere Form und Rauhigkeitsbeschaffenheit des Flußbettes vor 100 Jahren gänzlich andere gewesen sein. Zu einer praktisch befriedigenden Lösung kommt man auf folgendem Wege. Man setzt den Schwellinhalt der konstruktiv festgelegten Hochwässer in Abhängigkeit von der Scheitelabflußmenge und erhält die auf Abb. 6 dargestellte Schaulinie. Anstatt das größtmögliche Hochwasser in der Scheitelabflußmenge festzulegen, wird als Bestimmungsgröße ein Schwellinhalt von 40 % der mittleren Jahresabflußmenge festgesetzt. Die mittlere Jahresabflußmenge der Neiße bei Ottmachau beträgt 760 Millionen m³. Der Schwallinhalt ist dann

$$760 \text{ Millionen} \cdot 0{,}4 = 304 \text{ Millionen m}^3.$$

Diesem entspricht ein Hochwasser mit einer Scheitelabflußmenge von 1260 m³/sec. Dieser wird den folgenden Berechnungen zugrunde gelegt.

Die für die Berechnung erforderlichen und nach bekannter Rechnungsweise ermittelten Abflußleistungslinien sind im Anhang veranschaulicht.

Mit Hilfe des zeichnerischen Verfahrens ergibt sich für das Hochwasser von 1260 m³/sec die Scheitelabflußmenge der Hochwasserabflußmengenlinie bei einer angenommenen Sohlenbreite der Dammlücke von $b_s = 300{,}00$ m zu $Q = 1254$ m³/sec und ein Stau im Becken von 0,42 m O.W. + 203,57 m N.N. und U.W. + 203,15 m N.N. (s. Abb. 7 u. 7a).

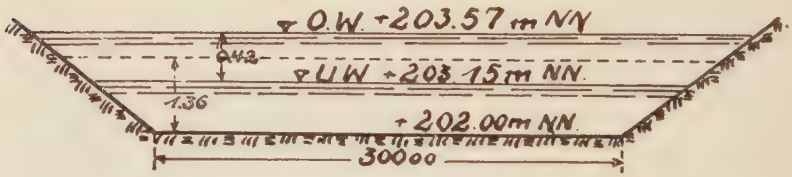

Abb. 7 a.

Bei dem Stau von 0,42 m fließen durch den Grundablaß 280 m³/sec (s. Anhang). Dann müssen durch die Dammlücke 1254 — 280 = 974 m³/sec fließen. Die mittlere Geschwindigkeit ist dann bei einem mittleren Querschnitt $Fm = 313{,}6 \cdot 1{,}36 = 426$ m³

$$v_m = \frac{974}{426} = 2{,}28 \text{ m/sec}.$$

Die Breite von 300,00 m ist also ausreichend.

e) Schließung der Dammlücke.

1. Zweckmäßige Bauzeit.

Die Schließung muß in einer Zeit erfolgen, in der nach den Erfahrungen und Beobachtungen, die rund 100 Jahre zurückliegen, größere Hochwässer nicht zu erwarten sind.

Demnach kommen sowohl das Frühjahr als auch der Herbst in Frage; der Winter scheidet wegen Frost und der Sommer wegen der hohen Hochwässer aus.

Aus der Abbildung 8 ersieht man, daß die gefährlichen Monate die Monate Juni bis Mitte September sind. Diese Monate fallen für die Schließung aus. Es bleiben im Frühjahr die Monate März, April und der halbe Mai und für den Herbst der halbe September, Oktober und November übrig. Der Mai soll nur halb angesetzt werden, weil er ganz nahe an die gefährlichen Monate herankommt. Rechnet man nun noch mit einem frühen und langen Winter, so gehen die Monate März und November auch noch verloren und es stehen als Arbeitszeit nur $1^1/_2$ Monate zur Verfügung.

Für die Wahl, ob die Schließung im Frühjahr oder Herbst erfolgen soll, gilt es folgendes zu überlegen:

Wird der Damm im Frühjahr geschlossen, so ist es möglich, daß kurz nach Dammschluß ein Katastrophenhochwasser eintritt.

Auf Abb. 9 ist nachgewiesen, daß bei Eintritt eines Hochwassers mit einer Scheitelabflußmenge von $Q = 1260\ m^3/sec$ nach geschlossener Dammlücke ein Stau im Becken von $+209{,}32$ m N.N. erreicht wird.

Darf man das Dammschlußstück, bevor es sich genügend gesetzt hat, mit einem Stau von rd. 7,0 m belasten?

Darf man im Grundablaß Geschwindigkeiten von rd. 8,00 m/sec zulassen?

Bei dem Stau von $+209{,}32$ m N.N. führt der Grundablaß $\sim 1130\ m^3/sec$ (siehe Anhang) ab und es ergibt sich ein $v = \frac{Q}{F} = \frac{1130}{145} = 7{,}80$ m/sec.

Verneint man beide Fragen, so kommt nur der Herbst für die Schließung in Frage. Die Arbeitsweise wird durch die Wahl „Frühjahr oder Herbst“ nicht berührt.

2. Arbeitsplan.

Während der $1^1/_2$ Monate — im Frühjahr April und der halbe Mai, im Herbst der halbe September und Oktober — wird nur mit Hochwässern bis zu einer Scheitelabflußmenge von $Q = 800\ m^3/sec$ gerechnet.

Zunächst wird die Dammlücke von 300,00 m Breite bis zu der Breite eingeschränkt, die genügt, um ein mittleres Hochwasser von 800 m³/sec abzuführen, ohne daß in der Lücke eine größere Geschwindigkeit als 2,50 m/sec erzeugt wird. Es genügt eine Lückenbreite von $b_s = 150{,}00$ m. Bei dieser Breite errechnet sich die Scheitelabflußmenge der Hochwasserabflußkurve zu $Q = 796$ m³/sec und ein Stau im Becken von 0,67 m — O.W. + 203,38 m N.N. und U.W. + 202,71 m N.N. — (siehe Abb. 10 u. 10 a).

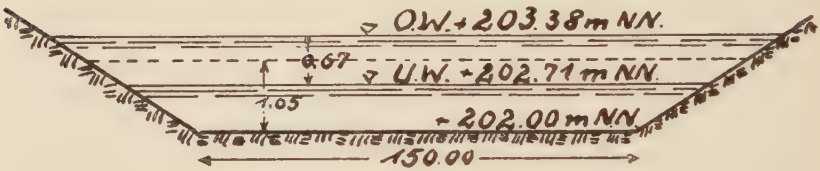

Abb. 10 a.

Bei dem Stau von 0,67 m fließen durch den Grundablaß 370 m³/sec (siehe Anhang). Dann müssen durch die Dammlücke 796 — 370 = 426 m³/sec fließen. Die mittlere Geschwindigkeit ist dann bei einem mittleren Querschnitt $F_m = 160{,}5 \cdot 1{,}05 = 170$ m².

$$v_m = \frac{426}{170} = 2{,}50 \text{ m/sec}.$$

Die verbleibende Lücke von $b_s = 150{,}00$ wird dann durch einen Damm schnellstens geschlossen, der in seiner Höhe ausreicht, um einen Stau, den ein Hochwasser von 800 m³/sec nach geschlossener Lücke im Becken erzeugt, auszuhalten.

Um die Höhe dieses Dammes zu bestimmen, muß die Hochwasserabflußmengenlinie für ein Hochwasser mit 800 m³/sec Scheitelabflußmenge ermittelt werden.

Die Scheitelabflußmenge der Hochwasserabflußmengenlinie errechnet sich zu $Q = 736$ m³/sec. Hierbei wird im Becken ein Stau von + 205,23 m N.N. erzeugt (siehe Abb. 11).

Die Dammkrone liegt auf + 207,00 m N.N. Um für den Zwischendamm dichtes Material verwenden zu können, muß er in den Stützkörper gelegt werden. Da er von dem beckenseitigen Absetzer geschüttet werden muß (siehe unten), wird er dicht hinter die Tondichtung gelegt. Der Damm erhält eine Kronenbreite von 5,00 m und eine wasserseitige Böschung 1 : 1,6 und eine luftseitige 1 : 3 (siehe Abb. 3). Dieser Damm soll auf der Länge von 150,00 m in horizontalen Lagen von 0,50 m geschüttet werden.

Für die Schließung sollen vorwiegend die Absetzer verwendet werden. Auf Abb. 12 ist die Arbeitsweise der Absetzer dargestellt. Bei der Einschränkung der Lücke von 300 m auf 150,00 m wird der Damm bis zu voller Höhe in der Weise geschüttet, daß die einzelnen Lagen von 50 cm entsprechend der Dammkopfneigung von 1 : 10 eingebracht werden. Hierbei stehen sich die Absetzer gegenüber. Der luftseitige Absetzer braucht, um bis auf volle Höhe schütten zu können, eine Hochstrecke auf Höhe + 204,00 m N.N., die im Kippbetrieb hergestellt werden muß. Der Zwischendamm auf Höhe + 207,00 m N.N. muß durch den wasserseitigen Absetzer geschüttet werden. Der luftseitige Absetzer kann an der Zwischendammschüttung nicht beteiligt werden, da zu gleicher Zeit die Hochstrecke für die verbleibende Lücke im Kippbetrieb hergestellt werden soll.

Um den Zwischendamm schütten zu können, müssen die Absetzergleise des beckenseitigen Absetzers parallel nach der Dammachse hin verschoben werden. Es besteht die Aufgabe, den Absetzer auf dieses parallel verschobene Gleis überzuführen. Dies kann fofgendermaßen vor sich gehen.

Bei Einschränkung der Lücke auf 150,00 m arbeiten die Absetzer von Norden nach Süden. Die Absetzergleise für den Zwischendamm werden von Süden nach Norden verlegt und an die Absetzergleise in Normallage durch eine S-Krümmung angeschlossen, die aus zwei Kurven mit den für die Absetzer erforderlichen kleinsten Krümmungen von 40,00 m und einer Zwischengeraden besteht.

Der beckenseitige Absetzer fährt nun von Norden nach Süden durch die S-Krümmung auf das parallel verschobene Gleis und beginnt mit der Schüttung des Zwischendammes am südlichsten Punkt und schüttet von Süden nach Norden. Währenddessen wird die nördliche S-Krümmung abgebaut und die parallel verschobene Gleislage bis zum nördlichsten Punkt verlängert. Während der Absetzer im nördlichen Bereich arbeitet, wird dann im Süden eine zweite Verbindung mit dem Normalgleis geschaffen, durch die dann der Absetzer auf das Normalgleis zurückkehren kann.

Dann wird der Damm mit Hilfe der beiden Absetzer auf volle Höhe geschlossen.

Es gilt nun nachzuweisen, daß die Dammschließung in der dargestellten Arbeitsweise während $1^1/_2$ Monaten erfolgen kann.

Es wird mit 45 Arbeitstagen, worin Sonn- und Feiertage, an denen durchgearbeitet werden muß, enthalten sind, und Dreischichtenbetrieb gerechnet. Regentage sind nicht berücksichtigt. In der Einschränkung auf $1^1/_2$ Monate finden sie mit Berücksichtigung.

Der Nachweis wird auf Abb. 13 erbracht.

Die Leistungen sind nicht von der Leistungsfähigkeit der Einbaugeräte, sondern von der der Bodengewinnungsgeräte abhängig. Für die Schließung steht Boden aus der Umflutmulde zur Verfügung. Nimmt man an, daß 2 B-Bagger mit je 1000 m³ Schichtleistung und ein Löffelbagger mit 500 m³ Schichtleistung angesetzt werden können, so stehen für einen Tag $3 \cdot (2000 + 500) = 7500$ m³ zur Verfügung.

Benötigt werden für den Dammschluß rd. 345 000 m³ Boden.

Der Arbeitsplan ist folgender:

Die Lücke wird von Norden nach Süden um 150 m eingeschränkt. Hierfür wird zunächst die Hochstrecke für den luftseitigen Absetzer im Kippbetrieb hergestellt. Während dieser Zeit könnte an und für sich der beckenseitige Absetzer mit der Dammschüttung schon beginnen. Da jedoch beide Absetzer Hand in Hand arbeiten und sich mit der Schüttung auf gleicher Höhe halten müssen, so würde der beckenseitige Absetzer später auf den luftseitigen warten müssen und der zunächst eintretende Zeitgewinn würde wieder verlorengehen. Dann schütten der luftseitige Absetzer den Stützkörper bis auf + 212,50 m N.N., beide Absetzer die Tondichtung bis auf + 212,00 m N.N. und der beckenseitige Absetzer die Deckschicht bis auf + 211,00 m N.N.

Darauf schüttet der beckenseitige Absetzer, für den unterdessen das Laufgleis in der oben geschilderten Weise verschoben ist, den Zwischendamm; gleichzeitig wird im Kippbetrieb die Hochstrecke für den luftseitigen Absetzer für den Gesamtlückenschluß vorgetrieben und der Stützkörper auf der Einschränkungsstrecke durch den luftseitigen Absetzer auf + 216,30 m N.N. erhöht.

Da die Zwischendammschüttung nur 3 Tage in Anspruch nimmt und nach 3 Tagen Boden frei wird, verstärkt der beckenseitige Absetzer anschließend den Zwischendamm durch Einbringung der Tondichtung und Aufbringen der Deckschicht bis auf + 207,00 mm N.N.

Hierauf schüttet der luftseitige Absetzer den Stützkörper bis auf + 207,00 m N.N. Danach arbeiten beide Absetzer wieder gemeinsam und bringen den Stützkörper auf + 216,30 m N.N., die Tondichtung auf + 212,00 m N.N. und die Deckschicht auf + 211,00 m N.N.

So ist der Zustand nach 45 Arbeitstagen mit einer kleinen Einschränkung, da die Schüttung der Deckschicht 2 Tage nacheilt.

Sollte nun tatsächlich bei Schließung im Frühjahr in diesem Augenblick ein katastrophales Hochwasser mit einer Scheitelabflußmenge von 1260 m³/sec eintreten, so steht dem Stau von + 209,32 m N.N. ein Damm mit genügend starkem Querschnitt entgegen.

Zum Schluß werden dann noch Tondichtung und Deckschicht bis auf + 216,30 m N.N. hochgebracht.

Alle übrigen Arbeiten wie Steinabdeckung der Beckenseite, Aufbringen der Krone, Mutterbodenabdeckung der Luftseite, Herstellung des Steinfusses usw. können dann wie gewöhnlich fertiggestellt werden.

3. Sicherung gegen plötzlich auftretendes Hochwasser.

Die Schutzmaßnahmen, die zu treffen sind, um die Dammflügel gegen plötzlich auftretendes Hochwasser zu schützen, hängen davon ab, zu welchem Zeitpunkt der Damm bis auf die Lücke fertiggestellt wird. Es ist gut möglich, daß die Arbeiten gerade bei Beginn der günstigen Zeit fertiggestellt sind, so daß sofort mit der Schließung begonnen werden kann. Muß jedoch die Lücke von 300 m Breite eine längere Zeit liegen bleiben, was wahrscheinlich ist, entweder über Sommer oder Winter, so müssen die Staudammflügel geschützt werden. Es würde genügen, die Böschungsflächen mit einer Schicht von etwa 30 cm grobem Schotter abzudecken.

Da die Einschränkung der Lücke von Norden nach Süden vorgenommen wird, bleibt die Südböschung unberührt liegen und es braucht daher während der Schließung bei plötzlich auftretendem Hochwasser nur die Nordböschung gesichert zu werden.

Der ungünstigste Fall ist der, daß in dem Augenblick, in dem die Einschränkung auf 150,00 m fertiggestellt ist, ein Hochwasser mit 800 m^3/sec Scheitelabflußmenge eintritt.

Ein guter und wirksamer Schutz der Böschung ist eine Sandsackpackung.

Die Sandsäcke haben eine Größe von rd. 0,5 m^2. Da sie nicht ganz gefüllt werden, um sich besser anzuschmiegen, so kann man auf den Quadratmeter Sandsackpackung 3 Stück rechnen. Ein Hochwasser mit 800 m^3/sec Scheitelabflußmenge erzeugt in der Lücke von 150 m eine mittlere Durchflußhöhe von 1,05 m (s. Abb. 10a). Bei der Böschungsneigung 1 : 10 werden also rd. 11 m Böschung bespült. Zur Sicherheit sollen 20 m Böschung bepackt werden. Die Grundbreite des Dammes beträgt 120 m. Rechnet man für die Seitensicherung je 15 m, so müssen $150 \cdot 20 = 3000$ m^2 Böschungen geschützt werden. Der Bedarf ist also $3000 \cdot 3 = 9000$ Stück und da man Säcke als Reserve braucht,

rd. 10 000 Stück.

Es gilt den Nachweis zu erbringen, daß die Sandsackpackung auch schnell genug hergestellt werden kann.

Durch die Hochwasservorhersage kann man durch Pegel im Oberlauf der Neiße wie Landeck und Habelschwerdt den Umfang des Hoch-

wassers für Ottmachau 24 Stunden vorher erfahren. Man hat also für den Böschungsschutz 24 Stunden Zeit.

In einen Sandsack gehen rd. 0,06 m^3. Wenn man auf der Länge von 150,00 m alle 4,00 m 2 Mann stellt — ein Mann schaufelt und der andere Mann hält den Sack und packt —, so kommen auf je einen schaufelnden Mann (4·20·3) Sack. 0,06 $\cong$ 15 m^3. Bei einer Stundenleistung von 1,00 m^3 würde die Packung dann 15 Stunden dauern und 2·(150 : 4) = 76 Mann erfordern.

4. Besondere Maßnahmen.

Der Damm wird im allgemeinen in 50 cm starken Lagen in einer Neigung von 2% hergestellt. Da die Böschungen der Dammlücke in einer Neigung von 10% hergestellt werden, soll die Schließung auch in Lagen von 50 cm Stärke in einer Neigung von 10% vor Kopf erfolgen.

Für die Tondichtung ist die Neigung 1 : 10 zu steil wegen der Erschwernis beim Walzen besonders bei nassem Wetter. Hierfür wird eine Neigung 1 : 25 vorgeschlagen. Die Tondichtung muß dann aber dem Stützkörper um 15,00 m je Meter Höhe nacheilen. Der Anschluß der Tondichtung an das Dammschlußstück kann in einer Neigung 1 : 10 erfolgen.

Als besonders wichtige Maßnahme muß die Dammlücke von allen den Abfluß verzögernden Hindernissen frei gemacht werden. Durch die Herstellung der Grunddichtung wird in der Breite der Schlitzbaugrube die Sohle wund gemacht. Sie muß durch Faschinen, die beschwert werden, oder eine Lage Schotter geschützt werden.

C. Zusammenfassung.

Die Planung des Bauabschlusses des Staudammes Ottmachau zeigt, daß der angewandte Rechnungsgang zu einer vollkommen sicheren Lösung führt.

1. Die Dammlückenbreite von 300,00 m genügt, um das größte Hochwasser gefahrlos abzuführen.

2. Die Schließung erfolgt in einer Zeit, wo auf Grund 100jähriger Erfahrung höhere Hochwässer als ein Hochwasser mit 800 m^3/sec Scheitelabflußmenge nicht eingetreten sind.

3. Eine Dammlückenbreite von 150,00 m genügt, um ein solches Hochwasser gefahrlos abzuführen.

4. Um das Becken gegen ein Hochwasser von 800 m^3/sec abzuschließen, genügt eine Arbeitszeit von 3 Tagen.

Mit Hilfe von Wettervoraussage kann man ohne weiteres voraussehen, ob in 3 Tagen ein Hochwasser eintritt oder nicht.

5. Nach den zur Verfügung stehenden 45 Arbeitstagen steht dem Stau eines Hochwassers von 1260 m^3/sec ein starkes Dammprofil entgegen.

Lebenslauf.

Am 29. November 1904 in Hannover geboren, besuchte ich daselbst das Realgymnasium der Bismarckschule und erhielt im Jahre 1923 das Zeugnis der Reife. Darauf studierte ich nach halbjähriger praktischer Tätigkeit im Eisenbetonbau das Bauingenieurwesen an der Technischen Hochschule zu Hannover. Im Jahre 1927 bestand ich die Diplom-Hauptprüfung.

Darauf trat ich zur Ausbildung als Regierungsbauführer des Wasser- und Straßenbaufaches in den vorbereitenden preußischen Staatsdienst. Im Oktober 1931 wurde ich zum Regierungsbaumeister ernannt.